

VI-63

長距離曲線推進の施工管理手法の開発

大日本土木(株) 正員 畑 一民
大日本土木(株) 正員 植野 修昌

1 はじめに

推進工法は、シールド、開削工法にくらべコストが低い、工期が短い等の利点があり、また昨今の急速な技術の進歩にとともに、長距離曲線路線の施工も可能となってきた。しかし工法の特長から、曲線部の施工精度の維持がむずかしく、未だ適正な管理手法が確立されているとはいえない。本論文は、実際の施工現場において、簡便な操作かつ簡易な装置によって路線の管理を行うために、パーソナルコンピュータによる管理システムを考案、適用した事例に関して報告するものである。

2 システム概要

掘進機位置計測については各種の自動化測量方法が提案されているが、¹⁾長距離でかつ曲線部を有する路線においては、掘進機の位置や方向を十分な精度で検出するために必要な環境の確保が困難であり、機器に要する費用も決して廉価ではない。そこで本システムでは、測定作業は従来の手法を用い、測量結果の分析等にパソコンを使用する構成とした。システムは現況管理部と予測制御部に分けられる(図1)。

① 現況管理部

測量結果に基づいて、掘進機及び管列の位置、施工誤差を計算し、CRT画面への図化出力等の処理を行う。また、掘進機進行方向と計画線方向の角度差と蛇行量について管理基準値(適正施工誤差範囲)を設けている。仕様書規定の許容施工誤差から前者は 0.3° 、後者は5cmを各々設定した。基準値を越えた場合は、警告を発生する。

② 予測制御部

次の推進管の圧入後の掘進機位置を予測し、適正路線施工のための諸操作量を算出するものである。掘進機進行位置予測の基本的な考え方を図2に示す。まず現況での掘進機(中折れタイプ)及び切羽付近の後続管列の位置から回帰曲線を算出する。ここで次の推進管圧入による移動が、この回帰曲線に沿って行われる(回帰曲線の接線方向へ推進管1本分2.43mの移動)と仮定して予測ポイントを得るわけである。検討の結果、良好な予測精度を得るためには、回帰曲線は2次放物線、回帰ポイントとしては、掘進機と切羽より3本目までの管列の図示7点を考慮すれば充分であることが判った。このモデルでは中折れジャッキストローク操作量の選択によって掘進機先端位置が変化し、従って得られる回帰曲線も変わる。すなわち掘進機進行位置は、中折れジャッキストローク量によって制御されるわけである。この操作量には、過去の施工例での経験から、極端なストロークの絶対量及び変化量をとることは管列の乱れ等につながり望ましくないこと、また方向制御を適正に行うためには徐々にストローク量を調整することが効果的であることなどの理由により、適正制御範囲を設

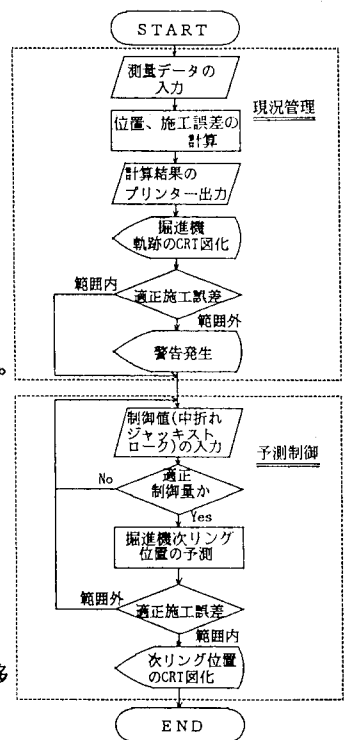


図1 パソコンシステムフロー

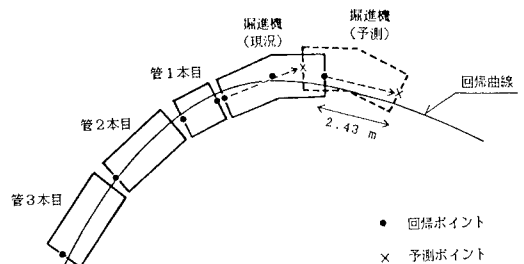


図2 予測モデルの考え方

定した（ストローク差の絶対量は20mm，変化量は10mm以内）。ストローク操作量は画面との対話形式で入力する構成になっており、適正制御範囲を越える操作量を選択した場合と予測位置が適正誤差範囲を越える場合についてシステムは再入力を要求する（図1）。つまり現場技術者が適宜操作量を設定し、上記基準値内の最適の値を選択することで方向制御を行うわけである。

3 実施例

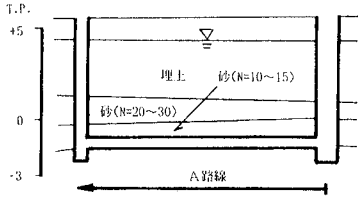


図3 A路線地質概要

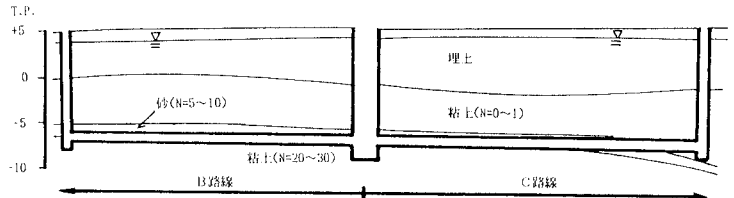


図4 B、C路線地質概要

本システムを適用した3つの事例について図3、4、表1に概要を示す。いずれも泥水加圧式推進工法であり、中折れ式掘進機を使用した。掘進機位置予測精度を表2にまとめる。これは蛇行量についての実測値と予測値の差の統計量である。すなわち表中の平均値および標準偏差が小さいほど予測精度が高いことを示す。（制御システムの効果を確認するためにA、B両路線では予測のみのシステム構成とした。またA路線は曲線部のみの使用である。）表2によれば制御部を導入したC路線が高い精度を示している。また施工精度についてもC路線がB路線に比べ全体の蛇行量が小さいことが分かる（図5、6）。B、C両路線では、土質条件に大きな差異がなく、掘進機や推進管も同一のものを使用した。限られた事例ではあるが上記の結果は、適正な制御方法により無理な蛇行修正動作を極力抑えることによって、施工精度ばかりでなく予測精度も向上することを示すものと考えられる。以上から、本システムの精度としては95%程度の信頼性で±3cm 弱の誤差範囲内に次位置を予測できると言える（C路線での結果）。通常の測量誤差が±2cm 程度であることを考えると、上記の予測精度は実用上支障のない効果を有するものと判断できる。

4 まとめ

本システムでの検討を通じて、特別な測定機器や複雑な計算式を導入せずとも、要求される施工精度の確保に充分な管理手法が構築できることが判った。今後は、多様な掘進機、地盤への適用を含め、予測精度の向上等に関して検討をつづけていく計画である。

参考文献

- 1)例えば、鶴岡他：中小口径シールド工事における測量の自動化：第41回年講
- 2)川瀬他：シールド施工管理の自動化：最新の施工技術2：土木学会

表1 工事及び路線概要

	路線			シールド 機外径 (mm)	推進管 内径 (mm)
	全長 (m)	カーブ長 (m)	曲線半径 (m)		
A路線	123	44	200	1620	1350
B路線	197	32	150	2140	1800
C路線	220	39	150		

* B、C両路線は同じ掘進機、推進管を使用した。

表2 予測モデルの精度

予測位置		平均値	標準偏差	最大値
A	掘進機先端	0.6	1.9	3.9
	後端	0.9	1.5	3.2
B	先端	0.3	1.8	5.3
	後端	0.0	1.3	3.2
C	先端	0.4	1.3	3.5
	後端	0.1	0.9	2.8

* 分布形はいずれも正規分布（有意水準5%）

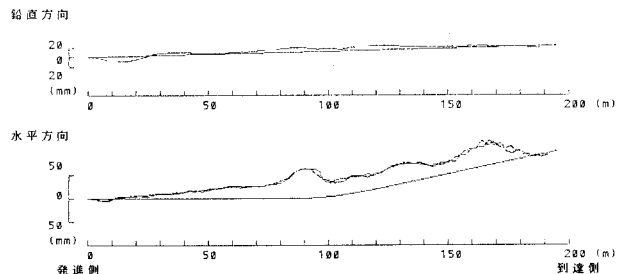


図5 B路線掘進機（先端及び後端）軌跡

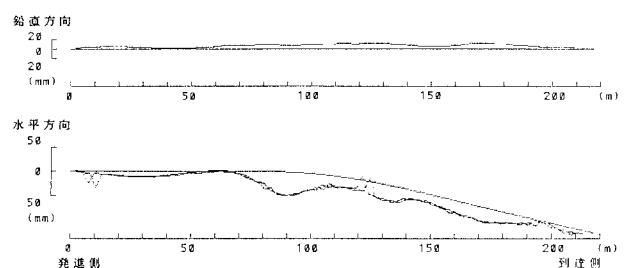


図6 C路線掘進機（先端及び後端）軌跡